

Desain Bangunan Pengolahan Limbah Cair Peternakan Babi dan Pemanfaatan Kembali Hasil Pengolahannya

I Komang Adi Putra, Nieke Karnaningroem, dan Mas Agus Mardiyanto
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh
Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: nieke@enviro.its.ac.id

Abstrak— Pencemaran air bersih dan bau yang tidak sedap merupakan dampak negatif dari usaha peternakan babi secara tradisional. Penduduk yang tinggal di sekitar peternakan babi menuntut adanya penutupan usaha peternakan babi karena pencemaran tersebut. Akibat penutupan sepihak oleh warga sekitar, peternak tidak memiliki mata pencaharian lagi sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan keluarga. Perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dilakukan untuk membantu peternak babi dalam mengelola limbah. Perencanaan menggunakan data pengukuran lapangan dan pemeriksaan kualitas limbah cair. *Anaerobic baffled reactor* (ABR) merupakan unit yang relatif murah untuk diterapkan. Biaya konstruksi dihitung dengan menggunakan daftar harga satuan barang dan upah kerja Pemerintah Kota Denpasar 2015. Dimensi ABR yang diperoleh yaitu 3,4 m x 1 m x 1,5 m. Biaya konstruksi untuk ABR yaitu Rp 80.800.000,-.

Kata Kunci— *anaerobic baffled reactor*, pemanfaatan efluen, pengolahan air limbah, peternakan babi.

I. PENDAHULUAN

Usaha peternakan babi dapat ditemukan di beberapa provinsi di Indonesia. Tiga provinsi dengan populasi ternak babi tertinggi di Indonesia pada tahun 2010, yaitu: Nusa Tenggara Timur (1.637.351 ekor), Bali (930.465 ekor), dan Sumatera Utara (734.222 ekor) [1]. Di samping itu, lima jenis komoditi ekspor sub sektor peternakan terbesar pada periode Januari-Juli 2009, yaitu: kulit (41,75%), susu (36,23%), ternak babi (14,00%), mentega (3,04%), dan obat hewan (1,76%) [2].

Kegiatan usaha ternak babi dapat menimbulkan permasalahan lingkungan hidup. Permasalahan yang paling sering terjadi adalah pembuangan limbah dari peternakan babi terutama kotoran dan urin yang menyebarkan bau [1]. Akibat dari pencemaran lingkungan ini, kegiatan usaha ternak babi ditutup secara sepihak. Solusi ini dapat menyebabkan hilangnya mata pencaharian penduduk yang bergerak di sektor ternak babi.

Air limbah peternakan babi mengandung bahan organik yang tinggi sehingga sangat sulit untuk diolah [3]. Air limbah tersebut terdiri dari urin, feces, sisa makanan, dan air dari pembersihan kandang. Limbah peternakan babi mengandung

air, karbohidrat kompleks dan nutrisi [4]. Kompleks karbohidrat tersebut akan dipecah menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti karbon dioksida dan air selama proses pengolahan [4]. Di samping itu, limbah peternakan babi dalam jumlah kecil mengalir ke pengolahan limbah cair perkotaan, namun limbah tersebut memiliki kontaminasi dengan konsentrasi tinggi [5]. Tabel 1 menunjukkan konsentrasi BOD₅, COD, dan TSS pada limbah peternakan babi di beberapa negara.

Tabel 1.
Konsentrasi Limbah Peternakan Babi di Beberapa Negara

Negara	Thailand [3]	Australia ^[4]	Korea Selatan ^[5]
Parameter			
BOD ₅ (mg/L)	1.500-3.000	5.000	7.280-9.690
COD (mg/L)	4.000-7.000	-	11.520-16.840
SS (mg/L)	4.000-8.000	-	-

(keterangan: nilai dalam ribuan)

Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 telah menetapkan baku mutu efluen kegiatan peternakan babi untuk parameter BOD₅, COD, dan TSS berturut-turut, yaitu: 100 mg/L, 200 mg/L, dan 100 mg/L [6].

Dalam rangka mencegah pencemaran lingkungan dan menjamin keberadaan peternak babi, perencanaan bangunan pengolahan limbah babi, khususnya limbah cair peternakan babi perlu dilakukan. *Anaerobic baffled reactor* (ABR) adalah unit yang dipilih untuk mengolah limbah cair peternakan babi pada desain ini. Beberapa keuntungan dari unit ABR, antara lain: tidak memerlukan tenaga mekanik atau listrik selama operasi normal, tahan terhadap *shock load*, dan tidak memerlukan pemeliharaan yang kompleks [7]. Selain itu, ABR merupakan unit yang sederhana untuk dibangun dan dioperasikan serta cocok untuk mengolah limbah cair yang memiliki beban organik yang tinggi [8].

Penelitian tentang penggunaan ABR telah banyak dilakukan. Persentase penyisihan COD mampu mencapai 97% untuk mengolah air limbah industri pemrosesan kacang kedelai yang memiliki konsentrasi COD yang tinggi [9]. Sebuah penelitian

melaporkan bahwa efisiensi penyisihan COD dapat mencapai 90% dengan COD influen air limbah sebesar 500 mg/L [10]. Penelitian tentang pengolahan dengan ABR untuk sanitasi *on-site* pada masyarakat berekonomi lemah menunjukkan persentase penyisihan COD sebesar 58% hingga 72% [7].

II. GAMBARAN UMUM PERENCANAAN

A. Peternakan Babi

Salah satu peternakan babi yang dilakukan secara tradisional terdapat di Sanur, Denpasar, Bali. Peternakan babi ini telah berdiri sejak tahun 1995. Peternakan tersebut memiliki 10 kandang. Lima kandang terletak di sebelah utara dan lima kandang lagi terletak di sebelah selatan.

Jumlah ternak babi dari kandang ke kandang berbeda. Satu kandang khusus berisi indukan babi. Sisanya digunakan untuk memelihara anakan babi dan babi dewasa. Kapasitas maksimum satu kandang yaitu tiga hingga empat babi berukuran dewasa atau lima hingga enam anakan babi. Kapasitas maksimum untuk memelihara ternak babi di peternakan ini yaitu 50 ekor.

B. Alur Kegiatan di Peternakan Babi

Kegiatan utama dalam usaha peternakan babi ini yaitu pengumpulan kotoran, pemberian pakan ternak, pemandian babi, dan pembersihan kandang. Kegiatan tersebut dilakukan setiap pagi dan sore hari.

Pertama, peternak babi mengumpulkan kotoran babi di setiap kandang. Kotoran babi yang telah dikumpulkan kemudian dimasukkan ke digester biogas yang sudah terdapat di peternakan. Kedua, peternak memberikan pakan di setiap kandang. Pakan ternak berupa dedak, campuran batang pisang, dan limbah donat. Ketiga, peternak melakukan pembersihan kandang dari sisa-sisa makanan dan kotoran serta urin yang masih tersisa di kandang. Selain itu, peternak juga melakukan pemandian pada ternak babi. Sisa kotoran, urin, dan pakan dibersihkan dengan air PDAM. Air limbah kemudian mengalir dan ditampung di sebuah kolam lele.

Di dalam perencanaan ini, limbah cair peternakan babi yang berasal dari pembersihan kandang dan pemandian ternak inilah yang akan direncanakan untuk diolah pada unit pengolah air limbah.

C. Pengelolaan Limbah yang Telah Dilakukan

Kotoran babi yang telah dikumpulkan setiap pagi dan sore hari dimasukkan ke dalam reaktor biogas. Biogas yang dihasilkan digunakan untuk memasak pakan ternak babi. Keberadaan kompor biogas telah mampu memberikan manfaat kepada peternak karena peternak tidak perlu membeli kayu bakar lagi untuk memasak pakan ternak.

D. Luas Lahan Peternakan Babi

Luas lahan peternakan utama yaitu 274 m² (0,03 ha) dengan rincian panjang dan lebar masing-masing yaitu 20 m dan 13,7 m. Instalasi pengolahan air limbah akan dibangun di lahan yang ditanami kebun pisang. Letak tanah ini berada di sebelah barat lahan peternakan utama. Luas lahan yang ditanami oleh kebun pisang ini yaitu 1.072,5 m² (0,1 ha) dengan rincian

panjang dan lebar masing-masing yaitu 65 m dan 16,5 m.

III. METODA PERENCANAAN

A. Tahap Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam perencanaan ini, antara lain: data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan dalam rangka mendesain bangunan pengolahan limbah cair peternakan babi, antara lain:

1. Pengukuran volume air limbah yang dipakai untuk memandikan ternak dan membersihkan kandang babi dilakukan dengan mencatat perubahan muka air pada sebuah kolam ikan lele. Volume air limbah dihitung dengan mengalikan luas permukaan kolam ikan lele dengan perubahan kedalaman air kolam pada sebelum dan sesudah kegiatan pembersihan kandang babi dan pemandian ternak. Dalam rangka mendapatkan volume air limbah dalam satu hari, maka dilakukan penjumlahan volume air limbah pada pagi dan sore hari. Pengukuran volume air limbah dilakukan selama delapan hari berturut-turut.
2. Pengambilan sampel air limbah dilakukan di saluran pembuangan limbah cair peternakan babi. Pengambilan sampel dilakukan setiap pukul 06.00 s/d 07.00 WITA (pagi) dan 17.00 s/d 18.00 WITA (sore). Sampel yang diambil yaitu sampel campuran (*composite sample*) yang dimaksudkan untuk mewakili secara merata perubahan parameter badan air yang sedang diteliti secara mendetail dengan pekerjaan yang terbatas [11]. Pemeriksaan sampel dilakukan di UPT Balai Laboratorium Kesehatan, Dinas Kesehatan, Pemerintah Provinsi Bali.
3. Pengukuran elevasi tanah dilakukan dengan menentukan letak elevasi (0,0) pada lapisan yang datar (beton dan sejenisnya).

Data sekunder yang dibutuhkan, antara lain:

1. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dijadikan sebagai acuan baku mutu efluen untuk usaha peternakan babi. Telah disebutkan pada lampiran XX bahwa konsentrasi BOD₅, COD, dan TSS maksimum berturut-turut, yaitu: 100 mg/L, 200 mg/L, dan 100 mg/L.
2. Kriteria desain unit ABR yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2
Kriteria Desain ABR [8]

Kriteria	Nilai
<i>Organic loading rate</i>	< 3 kg COD/m ³ /hari
HRT di ABR	≥ 8 jam
Kecepatan <i>up-flow</i>	≥ 2 m/jam
Panjang kompartemen	<50% - 60% dari kedalaman kompartemen

3. Perhitungan *bill of quantity* (BOQ) dan rencana anggaran biaya (RAB) dilakukan dengan menggunakan data SNI 2835:2008 (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Tanah untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan), SNI 2836:2008 (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Pondasi untuk

Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan), SNI 2837:2008 (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Plesteran untuk Konstruksi Bangunan dan Perumahan), SNI 6897:2008 (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Dinding untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan), SNI 7394:2008 (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan).

B. Diagram Alir Pengolahan Limbah Cair Peternakan Babi

Gambar 1 menunjukkan diagram alir pengolahan limbah cair peternakan babi yang akan direncanakan di Sanur, Denpasar, Bali. *Septic tank* berfungsi sebagai *primary treatment* dan bak ekualisasi sebelum masuk ke unit ABR.



Gambar 1. Diagram Alir IPAL dari Saluran Pembuangan Limbah hingga ke Bak Penampung Efluen

C. Rumus Perhitungan Dimensi Unit

Dalam menghitung volume *septic tank*, hal yang mendasar yaitu perhitungan volume lumpur dan volume air limbah [8]. Perhitungan volume tangki septik merujuk pada persamaan (1).

$$\text{Volume tangki septik} = \text{volume lumpur} + \text{volume air} \quad (1)$$

Volume lumpur pada *septic tank* dapat dihitung dengan mengkonversi massa penyisihan TSS di dalam tangki septik menjadi volume [12]. Perhitungan volume lumpur merujuk pada persamaan (2).

$$V = \frac{M_s}{\rho_w S_{sl} P_x} \quad (2)$$

Keterangan rumus:

V = volume (m^3)

M_s = massa lumpur (kg)

ρ_w = massa jenis air (1000 kg/m^3)

S_{sl} = *specific gravity* lumpur

P_x = persen solid di dalam lumpur (%)

Kecepatan *up-flow* merupakan kriteria desain yang krusial pada unit ABR [12]. Perhitungan kecepatan *up-flow* merujuk pada persamaan (3).

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

Keterangan rumus:

v = kecepatan *up-flow* (m/jam)

Q = debit air limbah (m^3/jam)

A = luas permukaan pada 1 kompartemen (m^2)

Menghitung *hydraulic retention time* (HRT) atau waktu tinggal hidrolis pada sebuah bangunan pengolah air limbah dapat merujuk pada persamaan (4).

$$\text{HRT} = \frac{V}{Q} \quad (4)$$

Keterangan rumus:

HRT = *hydraulic retention time* (jam)

V = volume air limbah (m^3)

Q = debit air limbah (m^3/jam)

Organic loading rate (OLR) atau laju beban organik dihitung dengan membagi beban organik dengan volume tangki atau reaktor [12]. Perhitungan OLR merujuk pada persamaan (5).

$$\text{OLR} = \frac{QC}{V} \quad (5)$$

Keterangan rumus:

OLR = *organic loading rate* ($\text{kg/m}^3 \cdot \text{hari}$)

Q = debit air limbah (m^3/jam)

C = konsentrasi COD (kg/m^3)

V = volume aktual tangki atau reaktor (m^3)

Mikroorganisme bekerja dalam kondisi anaerobik untuk mengolah polutan pada ABR [8]. Karena bekerja dalam kondisi anaerobik, maka biogas akan dihasilkan sebagai produk akhir [12]. Komposisi gas metana (CH_4) pada biogas diperkirakan sebesar 70% [8]. Perhitungan gas metana dapat merujuk pada persamaan (6).

$$V = 0,4 Q C$$

Keterangan rumus:

V = volume gas metana (m^3/hari)

0,4 = faktor konversi dari COD yang tersisihkan sehingga dapat menjadi CH_4 (suhu 35°C dan tekanan 1 atm)

Q = debit air limbah (m^3/hari)

C = konsentrasi COD yang tersisihkan (g/m^3)

IV. PEMBAHASAN

A. Volume dan Konsentrasi Air Limbah

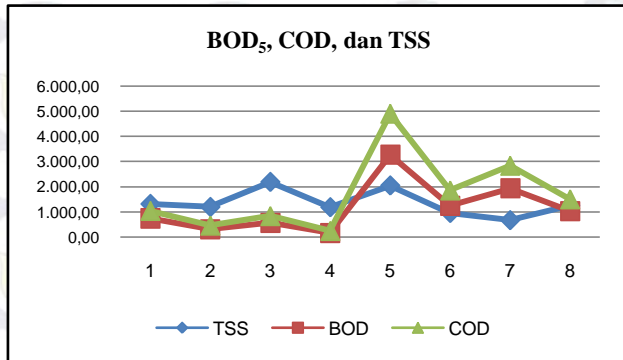
Pengukuran volume air limbah dilakukan dengan memerhatikan perubahan ketinggian air pada kolam ikan lele. Panjang kolam ikan lele di peternakan di Sanur yaitu 13,8 m dan lebar 2,6 m. Tabel 3 menunjukkan rekapitulasi volume limbah cair peternakan babi yang berasal dari kegiatan pembersihan kandang dan pemandian ternak.

Tabel 3
Rekapitulasi Volume Air Limbah (dalam ribuan)

Tanggal	Volume (L)		
	Pagi (1 jam)	Sore (1 jam)	Total
13 Oktober 2014	1.077	1.295	2.372
14 Oktober 2014	1.149	1.005	2.154
15 Oktober 2014	969	897	1.866
16 Oktober 2014	1.471	1.005	2.476
17 Oktober 2014	1.005	1.076	2.081
18 Oktober 2014	1.005	1.041	2.046
19 Oktober 2014	1.077	933	2.010
20 Oktober 2014	1.041	1.005	2.046

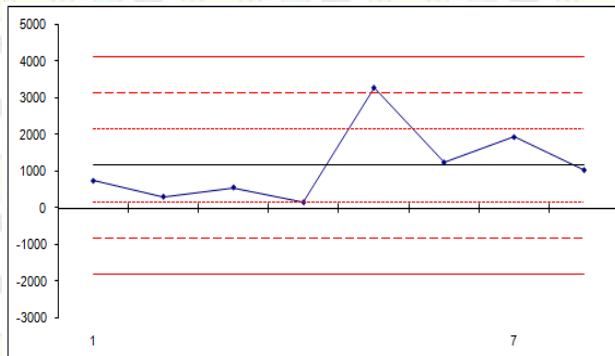
Dari data pada Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa volume limbah cair tertinggi pada pagi dan sore hari berturut-turut yaitu 1.471 L dan 1.295 L.

Sampel air limbah juga diambil selama delapan hari berturut-turut mulai dari tanggal 13 Oktober 2014 hingga 20 Oktober 2014. Sampel diambil setiap pagi dan sore hari. Gambar 2 menunjukkan data hasil pemeriksaan laboratorium untuk parameter BOD₅, COD, dan TSS.

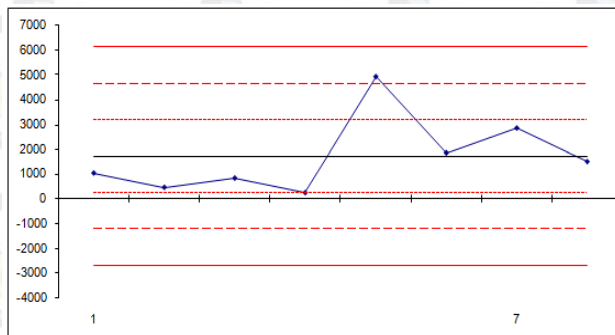


Gambar 2. Hasil Pemeriksaan Laboratorium pada Limbah Cair Peternakan Babi untuk Parameter BOD₅, COD, dan TSS.

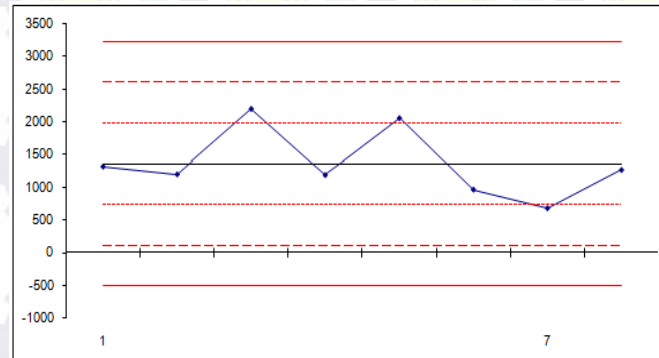
Untuk mengetahui apakah data hasil pemeriksaan laboratorium terdapat nilai error atau outlier, maka data tersebut dicek dengan menggunakan digram kendali. Gambar 3, 4, dan 5 berturut-turut memperlihatkan diagram kendali untuk parameter BOD₅, COD, dan TSS.



Gambar 3. Diagram Kendali untuk Data BOD₅



Gambar 4. Diagram Kendali untuk Data COD



Gambar 5. Diagram Kendali untuk Data TSS

Dari hasil diagram kendali, didapatkan kesimpulan bahwa delapan data tidak memiliki nilai error atau outlier. Berdasarkan data hasil pemeriksaan laboratorium, nilai BOD₅ 168,12 mg/L – 3.273,76 mg/L; COD 252,18 mg/L – 4.910,64 mg/L; dan TSS 678 mg/L – 2.050 mg/L. Rasio BOD₅/COD menunjukkan nilai 0,7 yang berarti bahwa limbah cair peternakan babi termasuk dalam limbah yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme sehingga cocok untuk diolah dengan proses biologis [12]. Berdasarkan perhitungan, didapatkan pula konsentrasi rata-rata untuk parameter BOD₅, COD, dan TSS masing-masing, yaitu: 1.133 mg/L, 1.672 mg/L, dan 1.344 mg/L. Debit air limbah rata-rata 0,12 m³/jam.

B. Dimensi Bangunan Tangki Septik

Septic tank berfungsi sebagai *primary treatment* dalam perencanaan ini. Selain itu, bangunan ini juga difungsikan sebagai bak ekualisasi sehingga dapat menghasilkan debit rata-rata. Pengaturan debit dilakukan dengan *gate valve* yang terletak di effluen bangunan ini.

Debit air limbah yang masuk ke tangki septik yaitu 2,77 m³/hari. Beban BOD₅, COD, dan TSS influen yang masuk ke tangki septik berturut-turut, yaitu: 3,13 kg/hari; 4,62 kg/hari; dan 3,72 kg/hari. Perkiraan efisiensi penyisihan BOD₅, COD, dan TSS berturut-turut, yaitu: 34%, 36%, dan 65% [8].

Setelah melakukan perhitungan, diperoleh panjang tangki septik untuk kompartemen pertama dan kompartemen kedua berturut-turut, yaitu: 1,6 m dan 0,2 m. Lebar tangki septik dan kedalaman tangki septik berturut-turut, yakni: 1,8 m dan 1,5 m. Volume lumpur yang diperoleh yaitu 0,06 m³/hari. Produksi biogas dari unit tangki septik diperoleh sebesar 0,834 m³/hari.

Debit air limbah yang keluar dari tangki septik yaitu 2,71 m³/hari. Beban BOD₅, COD, dan TSS effluen dari tangki septik berturut-turut, yaitu: 1,99 kg/hari; 3,04 kg/hari; dan 1,30 kg/hari. Konsentrasi BOD₅, COD, dan TSS effluen berturut-turut, yaitu: 735 mg/L, 1.125 mg/L, dan 481 mg/L.

C. Dimensi Bangunan Anaerobic Baffled Reactor

Anaerobic baffled reactor (ABR) berfungsi sebagai *secondary treatment* dalam perencanaan ini. Unit ini direncanakan menerima effluen dari tangki septik.

Debit air limbah yang masuk ke ABR yaitu 2,71 m³/hari. Beban BOD₅, COD, dan TSS influen yang masuk ke ABR berturut-turut, yaitu: 1,99 kg/hari; 3,04 kg/hari; dan 1,30 kg/hari.

kg/hari. Perkiraan efisiensi penyisihan BOD₅, COD, dan TSS berturut-turut, yaitu: 92%, 90%, dan 80% [8].

Setelah melakukan perhitungan, diperoleh panjang, lebar, dan kedalaman tangki pengendap berturut-turut, yaitu: 0,8 m; 0,6 m; dan 1,5 m. Panjang, lebar, dan kedalaman untuk satu kompartemen yang diperoleh berturut-turut, yakni: 0,4 m; 1 m; dan 0,8 m. Volume lumpur yang diperoleh yaitu 0,03 m³/hari. Produksi biogas dari ABR diperoleh sebesar 1,012 m³/hari.

Dimensi yang telah diperoleh harus dicek lagi sehingga memenuhi kriteria desain. Berdasarkan hasil perhitungan, kecepatan up-flow masih memenuhi kriteria desain dengan nilai yaitu 0,29 m/jam. Waktu tinggal hidrolik masih memenuhi kriteria desain dengan nilai 18 jam. Laju beban organik juga masih memenuhi kriteria desain yaitu dengan nilai 1,1 kg/m³ hari.

Debit air limbah yang keluar dari ABR yaitu 2,68 m³/hari. Beban BOD₅, COD, dan TSS efluen dari ABR berturut-turut, yaitu: 0,16 kg/hari; 0,31 kg/hari; dan 0,26 kg/hari. Konsentrasi BOD₅, COD, dan TSS efluen berturut-turut, yaitu: 58 mg/L, 115 mg/L, dan 97 mg/L.

Dari hasil perhitungan kesetimbangan massa, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa efluen dari ABR memenuhi baku mutu efluen kegiatan peternakan babi sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Baku mutu untuk BOD₅, COD, dan TSS berturut-turut, yaitu: 100 mg/L, 200 mg/L, dan 100 mg/L [6].

D. Dimensi Bak Penampung Efluen

Efluen ditampung di dalam sebuah bak penampung efluen. Efluen direncanakan untuk dimanfaatkan kembali untuk kegiatan pembersihan kandang dan pemandian ternak. Berdasarkan perhitungan kesetimbangan massa di unit ABR, debit efluen yaitu 2,68 m³/hari.

Waktu tinggal hidrolik di bak penampung direncanakan 12 jam di mana waktu ini sesuai dengan kegiatan pembersihan kandang dan pemandian ternak. Panjang, lebar, dan kedalaman bak penampung efluen berturut-turut, yaitu: 1,2 m; 1,2 m; dan 1 m.

E. BOQ dan RAB

Pada perencanaan ini, perhitungan harga satuan pekerjaan rumah menggunakan acuan pada SNI 2835-2008 (pekerjaan tanah), SNI 2836-2008 (pekerjaan pondasi), SNI 2837-2008 (pekerjaan plesteran), SNI 6897-2008 (pekerjaan dinding), dan SNI 7394-2008 (pekerjaan beton). Di samping itu, perhitungan rencana anggaran biaya menggunakan acuan pada standar harga satuan barang dan jasa Pemerintah Kota Denpasar Tahun 2015. Tabel 4 menunjukkan rekapitulasi rencana anggaran biaya untuk membangun unit tangki septik, ABR, dan bak penampung efluen.

Tabel 4
Rencana Anggaran Biaya

Nama Bangunan	Biaya Konstruksi
Septic Tank	Rp 29.700.000
ABR	Rp 35.700.000
Bak Penampung	Rp 15.400.000
Total	Rp 80.800.000

V. KESIMPULAN

1. Telah diperoleh dimensi bangunan pengolahan air limbah cair peternakan babi dengan menggunakan *anaerobic baffled reactor*. Dimensi untuk alternatif ini masing-masing sebagai berikut: *septic tank* 2 m x 1,8 m x 1,5 m; *anaerobic baffled reactor* 3,4 m x 1 m x 0,8 m; dan bak penampung 1,2 m x 1,2 m x 2 m.
2. Telah didapatkan biaya konstruksi untuk alternatif bangunan pengolahan limbah cair peternakan babi. Biaya konstruksi untuk bangunan IPAL alternatif ini (*septic tank* + *anaerobic baffled reactor* + bak penampung) yaitu Rp 80.800.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2012). Pedoman pelaksanaan penataan usaha budidaya babi ramah lingkungan. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia
- [2] Budiyo, H. (2010). Analisis neraca perdagangan peternakan dan swasembada daging sapi 2014. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*. 1 (2), 63-76
- [3] Sambatsompop, K., Songpim, A., Reabroi, S., and Inkong-ngam, P. (2011). A comparative study of sequencing batch reactor and moving-bed sequencing batch reactor for piggery wastewater treatment. *Maajo International Journal of Science and Technology*. 5 (02), 191-203
- [4] FSA Environmental. (2000). *Alternative systems for piggery effluent treatment*. Queensland: FSA Environmental
- [5] Im, J. and Gil, K. (2011). Effect of anaerobic digestion on the high rate of nitrification, treating piggery wastewater. *Journal of Environmental Sciences*. 23 (11), 1787-1793
- [6] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Peternakan Sapi dan Babi
- [7] Foxon, KM., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F., dan Buckley, CA. (2004). The anaerobic baffled reactor (ABR): An appropriate technology for on-site sanitation. *Water South African* 3 (5), 44-50
- [8] Sasse, L. (2009). Decentralised wastewater treatment in developing countries. Delhi: Bremen Overseas Research and Development Association
- [9] Zhu, G-F., Li, J-Z., Wu, P., Jin, H-Z., Wang, Z. (2008). The performance and phase separated characteristics of an anaerobic baffled reactor treating soybean protein processing wastewater. *Bioresource Technology*. 99 (2008), 8027-8033
- [10] Krishna, G.V.T. Gopala., Kumar, P., Kumar, P. (2007). Treatment of low-strength soluble wastewater using an anaerobic baffled reactor (ABR). *Journal of Environmental Management*. 90 (2009), 166-176
- [11] Alaerts, G. dan Santika, S.S.(1987). Metode penelitian air. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya
- [12] Tchobanoglous, G., Burton, FL., Stensel, HD. (2003). Wastewater engineering treatment and reuse. New York: McGraw-Hill